

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robototechniky

Konstrukční návrh technologického efektoru pro mobilní robot ARES

The Construction Design of Technology Effector for Mobile Robot ARES

Student:

Tomáš Vrožina

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ladislav Kárník, CSc.

Ostrava 2014

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Vrožina**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R013 Robotika
Téma: **Konstrukční návrh technologického efektoru pro mobilní robot ARES**
The Construction Design of Technology Effector for Mobile Robot ARES

Zásady pro vypracování:

1. Proved'te analýzu současného stavu a navrhnete varianty řešení možných koncepcí efektoru pro mobilní robot ARES.
2. Proved'te výběr optimální varianty.
3. Konstrukční návrh vybrané varianty podrobně rozpracujte dle pokynů vedoucího s využitím CAD systému Creo.
4. Výkresovou dokumentaci zpracujte dle pokynů vedoucího.
5. Vypracujte technickou zprávu s potřebnými výpočty a zhodno'te dosažené výsledky.
6. Závěr.
7. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu editoru MSWORD, PDF a konstrukční řešení v CAD systému (podle pokynu vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:

KÁRNÍK, L. *Servisní roboty*. VŠB-TU Ostrava, 2004. 144 s. ISBN 80-248-0626-6.

KÁRNÍK, L. - KNOFLÍČEK, R. - MARCINCIN, J. N. *Mobilní roboty*. Opava: MÁRFY SLEZSKO, 2000. 210 s. ISBN 80-902746-2-5.

MENZEL, P. - D'ALUSIO, F. *Robo sapiens: evolution of a new species*. USA, New York, 2000. 239 p. ISBN 0-262-13382-2.

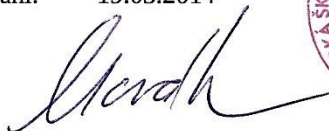
SKARUPA, J. - MOSTÝN, V. *Metody a prostředky návrhu průmyslových a servisních robotů*. Košice: Viena Košice, 2002. 190 s. ISBN 80-88922-55-0.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ladislav Kárník, CSc.**

Datum zadání: 31.10.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a použitou literaturu.

V Ostravě: 19. 5. 2014

.....

(podpis)

Prohlášení o využití výsledků bakalářské práce

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že v VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mě požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě: 19. 5. 2014

.....
Tomáš Vrožina

Adresa trvalého bydliště:

Višňová 1123

735 32, Rychvald

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Ladislavu Kárníkovi, CSc. za užitečné rady při zpracování bakalářské práce. Tímto bych chtěl také poděkovat své rodině za podporu při studiu.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VROŽINA, T. *Konstrukční návrh technologického efektoru pro mobilní robot ARES: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robototechniky, 2014, 49 s. Vedoucí práce: Kárník, L.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem technologického efektoru, který bude upevněn na stávající rameno mobilního robotu ARES. Po dohodě s vedoucím bakalářské práce byl navržen efektor pro označování objektů sprejem. Součástí bakalářské práce jsou čtyři varianty řešení a na základě hodnotové analýzy byla vybrána optimální varianta. Ta je rozpracována do úrovně 3D modelu, který byl vytvořen pomocí CAD systému Creo Parametric 2. Práce obsahuje kontrolu namáhaných součástí, cenovou kalkulaci a výběr pohonných jednotek.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

VROŽINA, T. *The Construction Design of Technology Effector for Mobile Robot ARES: Bachelor Thesis*. VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2014, 49 p. Thesis head: Kárník, L.

This bachelor thesis deals with constructional proposal of technology effector which will be attached to existing arm of mobile robot ARES. According to the agreement with the thesis supervisor, the effector for labeling objects spray was designed. This work consists of four alternative solutions and selection of the optimal solution based on value analysis. This optimal variant is developed to the 3D model drawings level by using Creo Parametric 2 CAD system. The work contains the control exposed part, price calculation and a choice of powertrains.

Obsah

Seznam použitých značek	10
1 Úvod	12
2 Současný stav mobilní robotiky	13
2.1 MR Ares	15
3 Současný stav efektorů	16
3.1 Uchopovací efektory	16
3.2 Technologické efektory	18
3.3 Speciální efektory	19
4 Požadavkový list	20
5 Varianty řešení	21
5.1 Varianta č. 1	22
5.2 Varianta č. 2	23
5.3 Varianta č. 3	24
5.4 Varianta č. 4	25
6 Výběr optimální varianty	26
6.1 Zvolená kritéria	26
6.2 Hodnocení jednotlivých kritérií	27
6.3 Výpočet průměrného počtu voleb	28
6.4 Výpočet koeficientu významnosti	28
6.5 Výpočet vážených indexů	29
6.5.1 Varianta č. 1	29
6.5.2 Varianta č. 2	29
6.5.3 Varianta č. 3	29
6.5.4 Varianta č. 4	30
7 Rozpracování optimální varianty	31
7.1 Výpočtová část	32
7.1.1 Výpočet sil	32
7.1.2 Kontrola namáhaného čepu	33

7.2	Krokový motor	35
7.3	Servomotor	36
7.4	Ložisko	38
7.5	Použití speciálního nástavce	39
7.6	Nástřiková šablona	39
7.6.1	Použité výstražné značení	40
7.6.2	Použitá technologie pro řezání značek	41
7.7	Hliníkový profil	42
7.8	Ochranný kryt	43
7.9	Efektor + robotické rameno	44
8	Cenová kalkulace	45
9	Závěr	46
10	Seznam použité literatury	47
11	Seznam příloh	49
11.1	Výkres	49
11.2	CD-ROM	49

Seznam použitých značek

Značka	Význam	Jednotky
F_1	potřebná síla pro spuštění spreje	[N]
m	hmotnost	[Kg]
g	gravitační zrychlení	[ms ⁻²]
a	délka páky	[mm]
b	délka páky	[mm]
F_2	síla tlačící na páku	[N]
π	Ludolfovo číslo	-
τ	smykové napětí	[MPa]
τ_{Dov}	dovolené napětí ve smyku	[MPa]
σ_o	napětí v ohybu	[MPa]
σ_{oDov}	dovolené napětí v ohybu	[MPa]
M_{max}	maximální ohybový moment	[Nm]
W_o	modul průřezu v ohybu	[mm ³]
F_{rA}	síla reakce	[N]
F_{rB}	síla reakce	[N]
c	šířka ramen páky	[mm]
d	šířka táhla	[mm]
e	rameno, na kterém síla působí	[mm]
S	plocha průřezu čepu namáhaná smykem	[mm ²]
d_{ξ}	průměr čepu	[mm]
P	výpočtový tlak	[MPa]

P_D	dovolený tlak	[MPa]
F_s	síla, kterou vytváří šablona	[N]
r	rameno, na kterém šablona působí	[m]
M_m	moment krokového motoru	[Nm]

1 Úvod

Cílem této bakalářské práce je navrhnout konstrukci technologického efektoru pro stávající rameno se čtyřmi stupni volnosti, které se nachází na mobilním robotu ARES. Byl vybrán efektor pro označování objektů pomocí spreje. V servisní robotice se tato varianta příliš nevyskytuje, proto bude v této práci zkonstruována. Efektor bude opatřen vyměnitelným sprejem o objemu 400ml a také vyměnitelnou nástřikovou šablonou, do které budou vyraženy čtyři druhy výstražných značení.

MR ARES se pohybuje pomocí pásového podvozku, který je řízený smykem. Je určený pro servisní úlohy, které provádí díky nastavbovým modulům, ty jsou umístěny na horní plošině robotu. Může se jednat o efektory, které odebírají vzorky nebo kamerové subsystémy pro monitorování okolí atd. ARES má rozměry 1253x731x810mm. Může překonat překážky, které jsou nižší než 221mm.

2 Současný stav mobilní robotiky

Úvod

Mobilní robot (dále jen MR) je schopný vnímat svoje okolí a toto okolí dokáže ovlivnit. Je konstruován tak, aby se mohl přesouvat v prostoru, a může mít rozdílnou strukturu autonomie.

Díky robotům můžeme provádět hned několik činností např. monitorování okolí, které je pro člověka nebezpečné, mohou provádět transport předmětů a také různé technologické operace např. odebírání vzorků, nanášení značení apod.

Faktory určující návrh MR

- Prostředí
- Činnost
- Řešená úloha

Míra autonomie

- Teleoperovaný
- Autonomní

Teleoperovaný MR

Takový robot vykonává pouze příkazy, které mu zadává člověk. Může být ovládán úplně (např. jako auto na dálkové ovládání), nebo může mít některé činnosti autonomní. Potom se takový robot nazývá semiautonomní.

Autonomní MR

Robot je úplně samostatný, zvládá činnosti bez zásahu člověka, popřípadě člověk zadává jen cíle robotu.

Kinematika

Kinematika je závislá na prostředí, ve kterém se MR pohybuje. Pro pohyb na pevné zemi se používají kola, zatímco pro pohyb v náročnějším prostředí se používají pásy.

Kolové roboty se dále mohou dělit na holomické a neholomické. Holonomický robot je vybaven všesměrovými koly, proto se může pohybovat v libovolném směru. Neholonomický robot je např. automobil, ten není schopný kontrolovat pohyb ve směru kolmém na podélnou osu auta.

Pásové podvozky se používají v celé řadě konstrukcí MR. Využívají tzv. řízení smykem. Používají se pro řízení vojenských nosičů, buldozerů a jiných konstrukcí pro jízdu venku. Ve vnitřním prostředí se uplatňují pro jízdu po schodišti.

Kráčející roboty jsou velmi adaptivní k povrchu, ve kterém se pohybují. Snaží se napodobit člověka a hmyz, takže se pohybují po dvou nebo více končetinách. Přitom každá končetina musí mít alespoň dva stupně volnosti (zvednutí a pootočení). Kráčející roboti disponují dvěma typy pohybu: statickou a dynamickou chůzí. Při statické chůzi je vždy ve statické poloze, končetina se vždy dotýká povrchu. Při dynamické chůzi se robot dostává do nestabilní polohy, např. se nedotýká podložky vůbec. To je charakteristické pro běh, nebo skok.

Pro pohyb ve vzduchu se používají létající roboty, např. helikoptéry, které mají velkou výhodu a to takovou, že dokážou setrvat na místě. Používají se např. pro monitorování okolí aj. Firma Amazon chce v nejbližší době používat létající roboty pro doručování zásilek.

Pro pohyb ve vodě se používají nejčastěji robotické ponorky. Pohon této ponorky obvykle obstarává lodní šroub. Ve vodě můžou vykonávat různé činnosti např. sběr pevných částic z mořského dna, nebo monitorování živočichů v hlubinách oceánu.

Aplikace

Mobilní roboty se nejčastěji používají v armádním, výzkumném a průmyslovém odvětví.

V průmyslovém odvětví se používají k odběru přemísťování materiálu. Důvod proč nasazujeme robota a ne člověka je ten, že dané prostředí je nebezpečné, nebo nevhodné pro člověka. Můžou to způsobovat tyto faktory: hlučné prostředí, vysoká teplota v daném prostředí nebo vysoká koncentrace nebezpečných plynů. Další použití je například ve stavebnictví.

V armádě se roboty používají nejčastěji pro odstranění pozemních min a prozkoumání nebezpečných oblastí. Jako další využití může být krácející robot, který nese těžká břemena v těžko prostupných místech. Sleduje pohyb vojáka a pohybuje se stejně jako on.

2.1 MR Ares

Robot Ares (obr. 1) se pohybuje na pásovém podvozku se dvěma hlavními pásy, které jsou řízeny smykem. Projede prostorem, který je široký 800 mm nebo se může pohybovat např. po schodech. Hnací kolo hlavního pásu představuje ozubená řemenice, která je z oceli. Osa kola je umístěna 221 mm nad povrchem, po kterém se robot pohybuje. S využitím nastavbových modulů lze robot využít pro servisní úlohy. Kamerové subsystémy slouží k monitorování a pořizování 3D dat. V současné době je na robotu připevněno rameno se 4 stupni volnosti.

Základní parametry MR Ares

Základní parametry	
Podvozek:	pásový (12 neodpružených vodících kol)
Řízení:	diferenční řízení (smykem)
Pohon:	každý pás hnaný prostřednictvím jednoho kola
Volitelné rameno:	4 stupně volnosti (rotace) + chapadlo
Motory:	2 DC motory (600 W, 24 V)
Senzory:	kamera vpředu
Řídicí systém:	dálkové bezdrátové řízení všech funkcí z PC
Rozměry:	1253 x 731 x 810 mm

Tab. 1 – základní parametry MR Ares



Obr. 1 – MR Ares

3 Současný stav efektorů

Efektor se nachází na konci manipulační nástavby a je určený k interakci s prostředím. Přesný typ efektoru je svým provedením přizpůsoben charakteru dané aplikace. Účelem efektoru robotu je realizace daného úkolu, pro který je robot nebo manipulátor předurčen.

Typy aplikací

- Kontrolní činnost
- Manipulační činnost
- Technologická činnost

Typy efektorů

- Uchopovací
- Technologické
- Speciální
- Kombinované

3.1 Uchopovací efektory

Uchopovací efektory umožňují zachycení objektů a jejich přesunutí na určené místo. Je to nejpoužívanější druh efektoru, jejich uchopení je zapříčiněno mechanickým stykem tzv. úchopnými prvky:

- Podtlakové

- Aktivní (podtlakové komory s řízeným vyvozením podtlaku)
- Pasivní (deformační přísavky)

Pasivní podtlakové prvky (obr. 2) jsou deformační přísavky (pryžové). K vyvození úchopné síly je potřeba, aby se přísavka přitlačila na povrch objektu, se kterým chceme manipulovat.

Aktivní podtlakové prvky, které označujeme jako podtlakové komory, využívají k vyvození úchopné síly podtlak, který se vytváří buď ejektorem, nebo vývěvou.



Obr. 2 – Přísavky

○ Mechanické

- Aktivní (pohyblivé čelisti s pohonem)
- Pasivní (odpružené čelisti, pevné opěry)

K jednoduchým prostředkům pro zachycení objektů a k jejich manipulaci, se používají různé typy tvarových lůžek, háky, vidlice, pružné čelisti atd., které se označují jako pasivní mechanické úchopné hlavice.

Aktivní mechanické úchopné hlavice jsou označovány jako tzv. chapadlo. Jejich konstrukce je vybavena čelistmi, které se pohybují. Konstrukci úchopné hlavice můžeme vidět na obr. 3.



Obr. 3 – Chapadlo

- Magnetické (obr. 4)
 - Aktivní (s elektromagnety)
 - Pasivní (s permanentními magnety)

Použití při manipulaci s objekty z feromagnetických materiálů. Hlavní předností tohoto úchopného prvku je jeho jednoduchost. Jeho výhodou je i možnost přizpůsobení tvaru objektu rozmístěním jednotlivých objektů.



Obr. 4 – Magnetický efektor

3.2 Technologické efekторы

Technologické efekторы jsou uzpůsobeny pro realizaci technologických operací, nebo celých procesů. Nevýhodou je jejich další uplatnění, protože vývojové technologie jdou stále dopředu. Technologické operace můžeme rozdělit do dvou skupin

- Operace kde nedochází k mechanickému styku efektoru s objektem
- Operace s přímým mechanickým stykem efektoru s objektem

Do první skupiny patří operace, které můžeme označit jako jednoduché. Do této skupiny patří např. nanášení barvy na povrch materiálu atd.

Operace s přímým mechanickým stykem efektoru s objektem jsou např. odběr vzorků nebo frézování podlahových ploch. Existují také servisní roboty, které jsou specializovány na demoliční činnosti.



Obr. 5 - Servisní robot určený k bourací činnosti

Charakteristické parametry

- Rozměry
- Hmotnost
- Operační činnost
- Uspořádání o počet pomocných přívodů

Požadavky na hmotnost a rozměry technologických efektoru jsou stejné jako u uchopovacích efektorů. Jde o dosažení co nejmenší hmotnosti, protože dynamické síly při rozběhu a zastavení robotu by měly být co nejmenší. Operační schopnosti určují např. počet stupňů volnosti technologického efektoru.

Na rozdíl od uchopovacích efektorů, mají technologické efekторы pomocné přívody, jako jsou např. přívod chladicí kapaliny, stlačeného vzduchu a barev k tryskám stříkacích efektorů.

3.3 Speciální efekторы

Speciální efekторы se rozdělují do těchto kategorií:

- Jednoučelové (přizpůsobené konkrétním aplikacím)
- Konstrukce, které využívají nové neobvyklé prvky

Přizpůsobení např. uchopovacího efektoru může zahrnovat umístění čidel pro rozlišení objektů (tvaru, rozměru, teplotě apod.) nebo také pracovní prostředí (teplota, tlak, světlo apod.)

4 Požadavkový list

Při navrhování jednotlivých variant řešení musíme dodržet kritéria, která jsou uvedena v požadavkovém listě. Hlavním kritériem bylo dodržení hmotnosti efektoru 2 kg.

Požadavkový list	
Hmotnost:	minimalizace hmotnosti (maximálně 2 kg)
Konstrukce:	jednoduchá
Cena:	minimalizace cenových nákladů
Nástřiková šablona:	použití několika druhů šablon
Sprej:	vyměnitelný
Pohon:	elektromotor
Řízení:	jednoduché řízení pohonů
Výroba komponent:	jednoduchost výroby součástí efektoru
Vzdálenost šablony:	vzdálenost šablony od trysky spreje (20-30mm)
Zakrytování:	efektor musí být opatřen ochranným rukávцем
Vymezení polohy:	sprej musí mít vymezenou přesnou polohu pro nástřik
Montáž:	Jednoduchá montáž efektoru

Tab. 2 – Požadavkový list

Na základě požadavkového listu byly navrženy tři varianty řešení. Každá z nich je rozpracována do 3D modelu, který byl vytvořen pomocí CAD systému Creo Parametric 2. V tomto programu byl zhotoven také výkres celkové sestavy optimální varianty efektoru. Pro lepší přehlednost jsou modely zobrazeny v nepravých barvách.

Požadavkový list byl sestaven na základě jednotlivých kritérií, která se musela dodržet. Hlavním kritériem byla hmotnost, protože stávající rameno na MR ARES má nosnost 2 kg. Dalším zásadním kritériem bylo použití elektro pohonu, protože MR nemá svou vlastní zásobu stlačeného vzduchu ani pracovní kapaliny.

5 Varianty řešení

Použité značkovací spreje

SOPPEC FLUO T.P.

Značkovací sprej (obr. 6), který byl použitý v 1. a 2. variantě, patří díky poměru cena/výkon mezi nejprodávanější. Výhodou je jeho dlouhá trvanlivost značení asi 10 měsíců. Prodávají se v těchto barvách (modrá, červená, zelená, atd.). Jeho výhodou je vysoká viditelnost, sprej lze používat za každého počasí. Spreje jsou natlakované na (5 atmosfér).



Obr. 6 – Značkovací sprej SOPPEC FLUO T.P.

HOBBY sprej

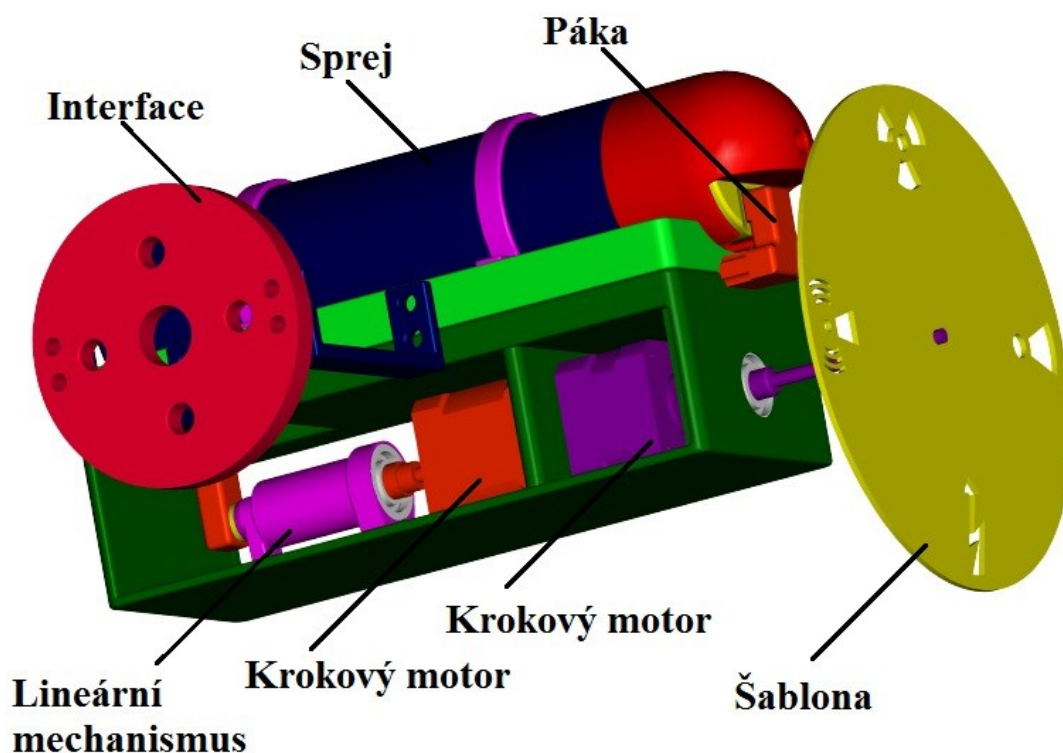
Tento sprej (obr. 7) byl použitý ve 3. a 4. variantě. Používá se pro aplikace v lesnictví, stavebnictví, pro značení silnic, konstrukční účely ve vnitřním a venkovním prostředí. Je určený k nejrůznějšímu značení výstražných a bezpečnostních prvků, čar, zákazů a příkazů. Je určen pro nástřik na kámen, beton, asfalt a zdivo.



Obr. 7 – Značkovací sprej HOBBY

5.1 Varianta č. 1

Varianta č. 1 (obr. 8) obsahuje krokový motor od firmy RAVEO, který je umístěn do nástavce a zajišťuje přesné nastavení nástřikové šablony vůči spreji. Sprej je umístěn do nástavce a jeho poloha je zajištěna dvojicí přítlačných spojek. Spouštění spreje je realizováno pomocí páky, která je vedena přes dvojici držáků pomocí tvarového styku. Tento mechanismus je poháněn krokovým motorem od stejnojmenné firmy jako první krokový motor. Pomocí spojky je na něj uchycen pohybový šroub, který vykonává rotační pohyb a posouvá matici, která vykonává lineární pohyb. Tím tlačí na páku a spouští sprej.



Obr. 8 – Varianta č. 1

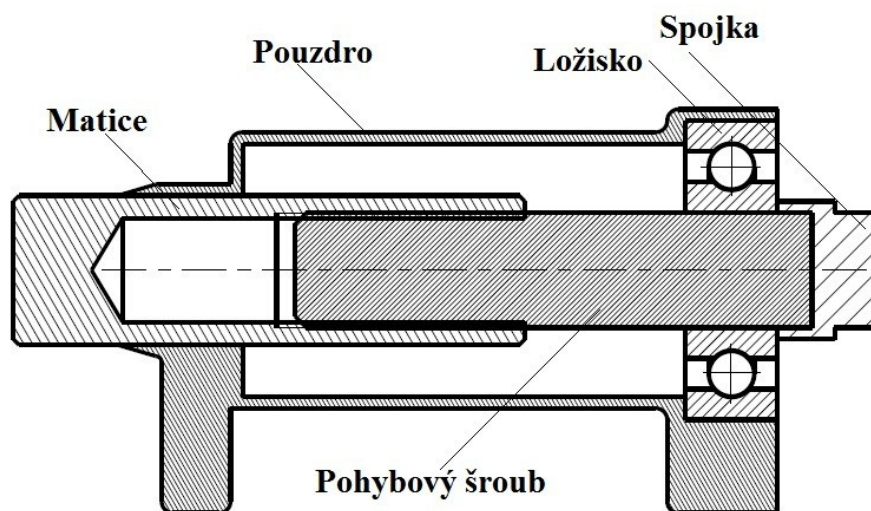
Výhody:

- Nízká hmotnost
- Rozměry efektoru
- Jednoduché řízení pohonů

Nevýhody:

- Tvar páky
- Složitější montáž a výroba komponentů

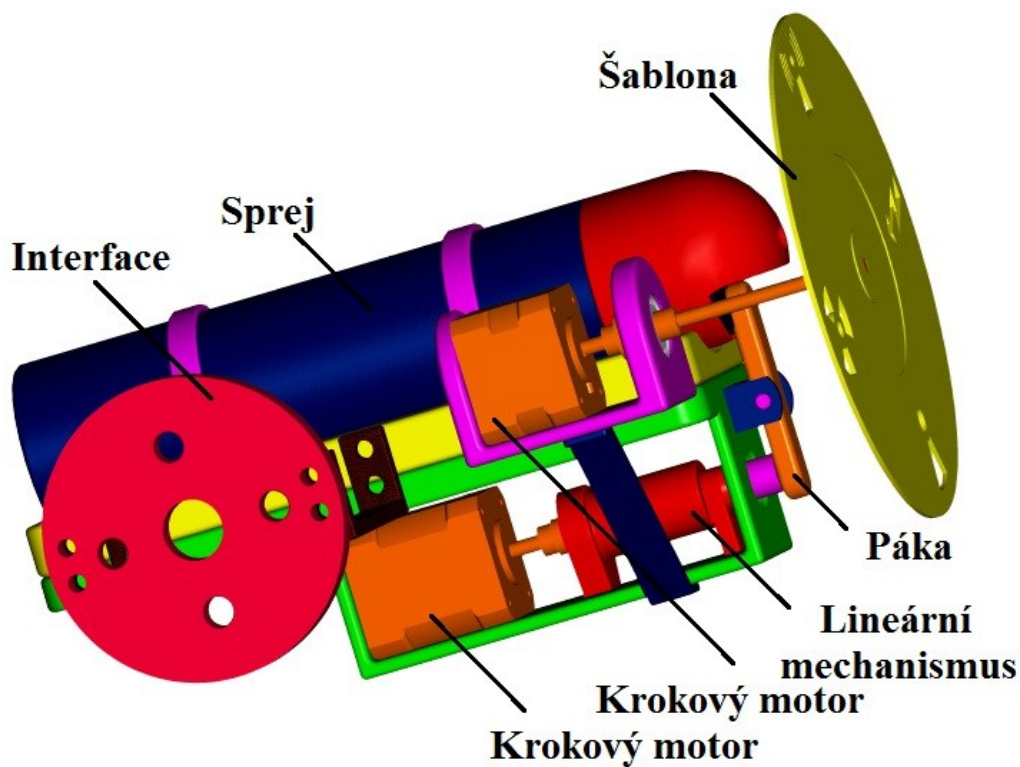
Na obrázku č. 9 můžeme vidět řez lineárním mechanismem, který spouští sprej.



Obr. 9 – Řez lineárním mechanismem

5.2 Varianta č. 2

Varianta č. 2 (obr. 10) obsahuje stejné krokové motory, jako ve variantě č. 1. Rozdíl je v tom, že krokový motor pro nastavení nástřikové šablony je umístěn do speciálního nástavce. Sprej je umístěn do držáku a jeho poloha je zajištěna dvojicí přítlačných spojek. Spouštění spreje je realizováno taktéž pomocí páky, ale nyní je spouštěcí mechanismus (lineární mechanismus) umístěn do přední části efektoru.



Obr. 10 – Varianta č. 2

Výhody:

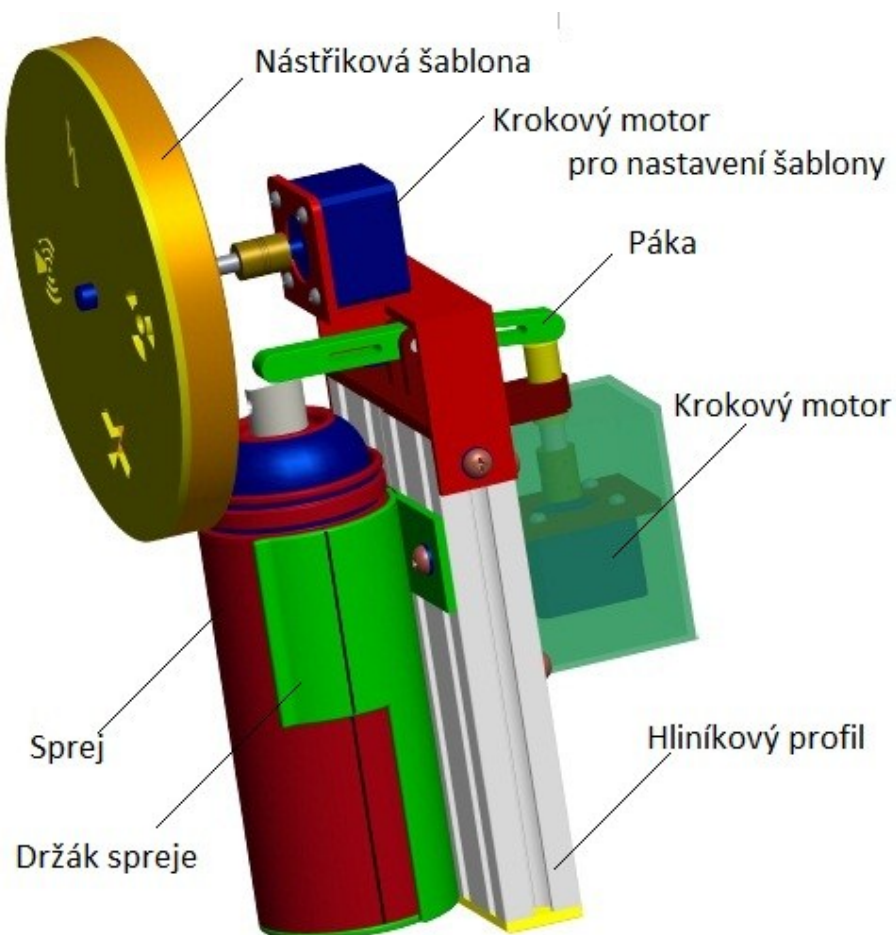
- Tvar páky
- Jednoduché řízení pohonů
- Nízká hmotnost

Nevýhody:

- Složitější konstrukce
- Složitější montáž a výroba komponentů

5.3 Varianta č. 3

Varianta č. 3 (obr. 11) je sestavena z krokových motorů od firmy AMETEK, které jsou upevněny na dva hliníkové profily o rozměrech 50x25-110mm. První krokový motor, který je umístěn nad sprej, zajišťuje přesné nastavení nástřikové šablony. Druhý krokový motor pohybuje pákou přes lineární mechanismus. Pohybový šroub je připojen s krokovým motorem pomocí spojky.



Obr. 11 – Varianta č.3

Výhody:

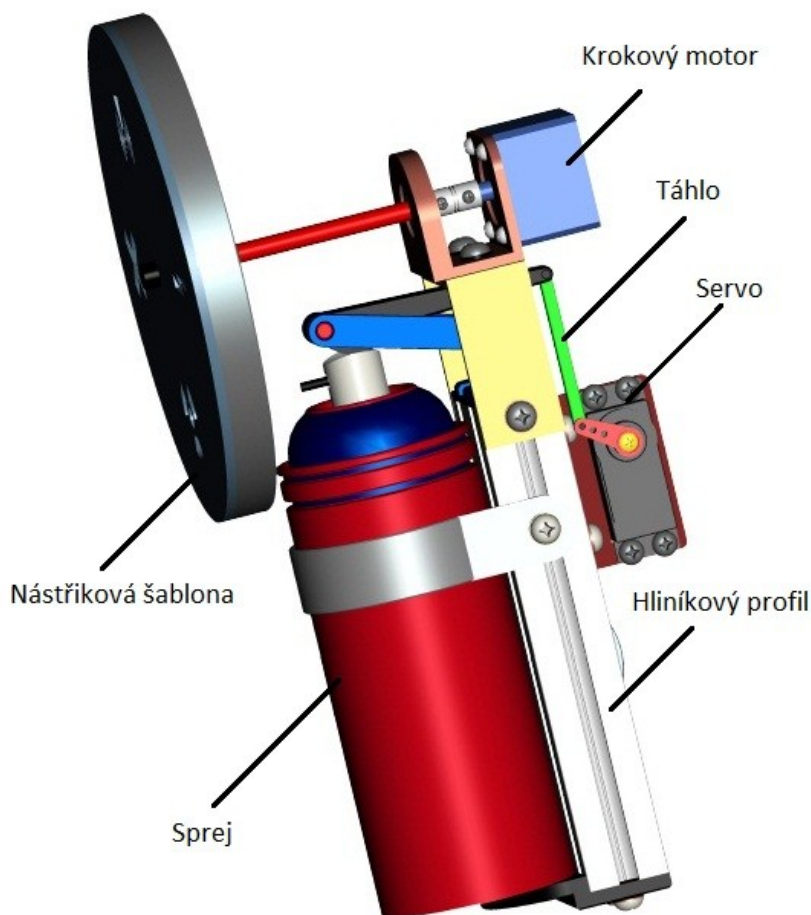
- Tvar páky
- Jednoduché řízení pohonů
- Nízká hmotnost
- Jednoduchá konstrukce

Nevýhody:

- Složitější výroba komponentů

5.4 Varianta č. 4

Varianta č. 4 (obr. 12) je sestavena z krokového motoru firmy AMETEK, pomocí kterého se natáčí nástřiková šablona do požadované pozice. Dále je v této variantě modelářský servomotor od firmy HITEC, který pomocí táhla a páky spouští sprej. Základ celé konstrukce je hliníkový profil o rozměrech 50x25-145mm. Sprej je opatřen tryskou, pomocí které se barva tolik nerozprašuje.



Obr. 12 – Varianta č.4

Výhody:

- Jednoduchá konstrukce
- Nízká hmotnost
- Jednoduché řízení pohonů
- Jednoduchá montáž

6 Výběr optimální varianty

Z dosud navržených variant je nutné vybrat optimální variantu. Pro výběr byla použita hodnotová analýza. Díky této analýze můžeme srovnat navržené varianty podle kritérií, které jsme si určili. Průběh hledání optimální varianty (obr. 13).

6.1 Zvolená kritéria

Označení kritéria	Název kritéria	Popis
K1	Hmotnost	Celková hmotnost efektoru
K2	Konstrukce	Jednoduchost konstrukce
K3	Cena	Minimalizace cenových nákladů
K4	Rozměry	Minimalizace rozměrů efektoru
K5	Řízení	Složitost řízení
K6	Použitá energie	Použitá energie pohonu
K7	Výroba	Náročnost výroby efektoru

Tab. 3 – Kritéria hodnocení

Hodnoty kritérií	
6	Vysoká úroveň
5	Dobrá úroveň
4	Průměrná úroveň
3	Nízká úroveň
2	Nevyhovující úroveň
1	Nepříznivý stav

Tab. 4 – Hodnoty kritérií

Významnost kritérií	
2	Nejvyšší
1	Nejnižší

Tab. 5 – Významnost kritérií

6.2 Hodnocení jednotlivých kritérií

Hodnocení jednotlivých kritérií							
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Varianta 1	3	4	4	3	5	5	4
Varianta 2	3	3	4	4	5	5	3
Varianta 3	4	4	5	4	5	5	4
Varianta 4	5	5	6	4	5	5	4

Tab. 6 – Hodnocení kritérií

Porovnání kritérií podle dvou expertů

Z důvodu objektivnosti porovnávání jednotlivých variant byli vybráni dva experti, kteří srovnávali vždy dva kritéria. Zvolené kritérium je označeno tučně.

Porovnávané páry kritérií						Počet voleb v	Pořadí
K1	K1	K1	K1	K1	K1	1	7.
K2	K3	K4	K5	K6	K7		
	K2	K2	K2	K2	K2	4,5	1.-2.
	K3	K4	K5	K6	K7		
		K3	K3	K3	K3	1,5	6.
		K4	K5	K6	K7		
			K4	K4	K4	2,5	5.
			K5	K6	K7		
				K5	K5	4	3.
				K6	K7		
					K6	3	4.
					K7	4,5	1.-2.
Vypracoval:						Karel Wija	

Tab. 7 – Porovnání podle prvního experta

Porovnávané páry kritérií						Počet voleb v	Pořadí
K1	K1	K1	K1	K1	K1	3	4.
K2	K3	K4	K5	K6	K7		
	K2	K2	K2	K2	K2	4	2.-3.
	K3	K4	K5	K6	K7		
		K3	K3	K3	K3	6	1.
		K4	K5	K6	K7		
			K4	K4	K4	4	2.-3.
			K5	K6	K7		
				K5	K5	2	5.-6.
				K6	K7		
					K6	0	7.
					K7	2	5.-6.
Vypracoval:						Martin Szotkowski	

Tab. 8 – Porovnání podle druhého experta

6.3 Výpočet průměrného počtu voleb

Výpočet, který je uveden níže, znázorňuje průměrný výpočet voleb, tak jak je experti vyhodnotili.

$$v_1 = \frac{v_{11} + v_{21}}{2} = \frac{1 + 3}{2} = 2 \quad (1)$$

Kritérium	Průměrný počet voleb
K1	2
K2	4,25
K3	3,75
K4	3,25
K5	3
K6	1,5
K7	3,25

Tab. 9 – Průměrný počet voleb

6.4 Výpočet koeficientu významnosti

Koeficient významnosti určuje jednotlivá kritéria od nejvýznamnějších po méně významné.

$$q = 0,25 \cdot v_1 + 1 = 0,25 \cdot 2 + 1 = 1,5 \quad (2)$$

Kritérium	Koeficienty významnosti
K1	1,5
K2	2,0625
K3	1,9375
K4	1,8125
K5	1,75
K6	1,375
K7	1,8125

Tab. 10 – Koeficienty významnosti

6.5 Výpočet vážených indexů

6.5.1 Varianta č. 1

Varianta č. 1			
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti q	Vážený index
K1	3	1,5	4,5
K2	4	2,0625	8,25
K3	4	1,9375	7,75
K4	3	1,8125	5,4375
K5	5	1,75	8,75
K6	5	1,375	6,875
K7	4	1,8125	7,25
Celkem			48,8125

Tab. 11 – Vážený index pro první variantu

6.5.2 Varianta č. 2

Varianta č. 2			
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti q	Vážený index
K1	3	1,5	4,5
K2	3	2,0625	6,1875
K3	4	1,9375	7,75
K4	4	1,8125	7,25
K5	5	1,75	8,75
K6	5	1,375	6,875
K7	3	1,8125	5,4375
Celkem			46,75

Tab. 12 – Vážený index pro druhou variantu

6.5.3 Varianta č. 3

Varianta č. 3			
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti q	Vážený index
K1	4	1,5	6
K2	4	2,0625	8,25
K3	5	1,9375	9,6875
K4	4	1,8125	7,25
K5	5	1,75	8,75
K6	5	1,375	6,875
K7	4	1,8125	7,25
Celkem			54,0625

Tab. 13 – Vážený index pro třetí variantu

6.5.4 Varianta č. 4

Varianta č. 4			
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti q	Vážený index
K1	5	1,5	7,5
K2	5	2,0625	10,3125
K3	6	1,9375	11,625
K4	4	1,8125	7,25
K5	5	1,75	8,75
K6	5	1,375	6,875
K7	4	1,8125	7,25
Celkem			59,5625

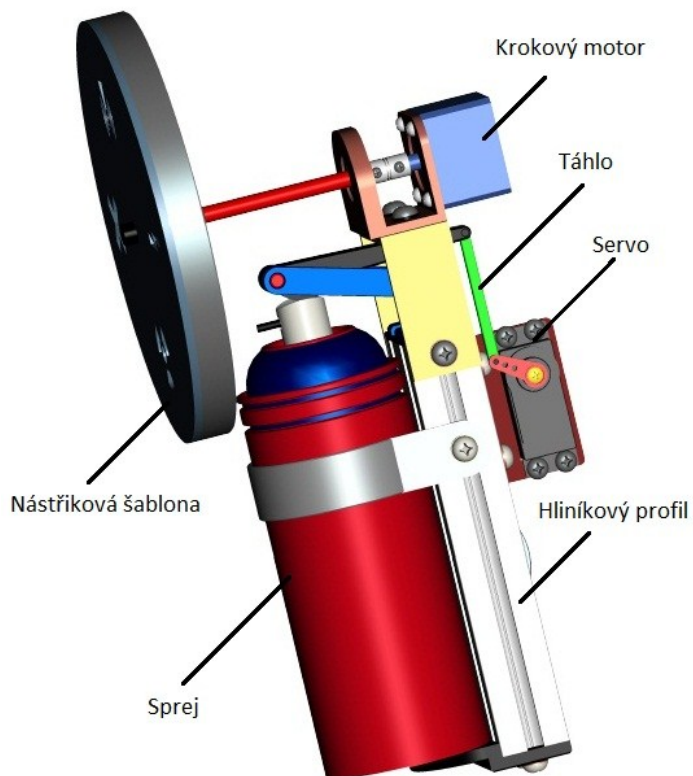
*Tab. 14 – Vážený index pro čtvrtou variantu***Porovnání vážených indexů jednotlivých variant**

Porovnání variant		Pořadí
Varianta 1	48,8125	3.
Varianta 2	46,75	4.
Varianta 3	54,0625	2.
Varianta 4	59,5625	1.

Tab. 15 – porovnání variant

Z tabulky 14 můžeme vidět, že zvítězila **varianta č. 4** s váženým indexem **59,5625**. Je to tedy naše optimální varianta, která bude v následující části bakalářské práce detailně rozpracována. Budou také provedeny výpočty namáhaných součástí a výběr normalizovaných komponent od jednotlivých výrobců. Na obrázku č. 13 můžeme vidět vybranou optimální variantu.

7 Rozpracování optimální varianty



Obr. 13 – Vybraná optimální varianta

V první řadě je potřeba zjistit potřebnou sílu, která spustí samotný sprej. K tomuto úkolu byla použita stolní váha (obr. 14), na kterou jsme položili sprej a tlačili na něj tak dlouho, dokud nezačal stříkat barvu. Odečetl jsem váhu na ukazateli a přepočítal na sílu viz. rovnice č. 3.



Obr. 14 – Sprej tlačící na stolní váhu

Pomocí stolní váhy bylo zjištěno, že na sprej musí působit hmotnost $m = 3000 \text{ g} \Rightarrow 3 \text{ kg}$. Tato váha je maximální, sprej začal stříkat barvu cca. při zátěži 1500 g, ale budu počítat s maximální váhou.

7.1 Výpočtová část

7.1.1 Výpočet sil

Výpočet síly F_1

$$F_1 = m \cdot g = 3 \cdot 9.81 = 29,43 \text{ N} \quad (3)$$

Nyní si vypočítáme sílu F_2 . Obě síly jak F_1 , tak F_2 leží na jedné straně páky, tudíž se páka nazývá jednozvrtná (obr. 15). Aby nám páka pomohla, tak sílu F_1 je výhodnější dát blíže k ose otáčení a sílu F_2 dále od osy otáčení.

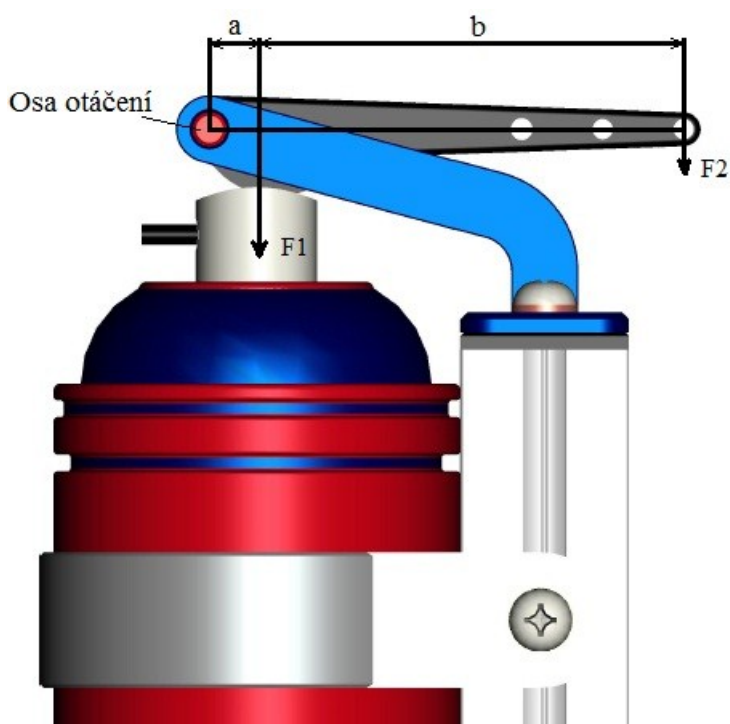
Výpočet síly F_2

$$a = 10 \text{ mm}$$

$$b = 65 \text{ mm}$$

$$F_1 \cdot a = F_2 \cdot (a + b) \quad (4)$$

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot a}{(a + b)} = \frac{29,43 \cdot 10}{75} = 3,9 \text{ N} \quad (5)$$



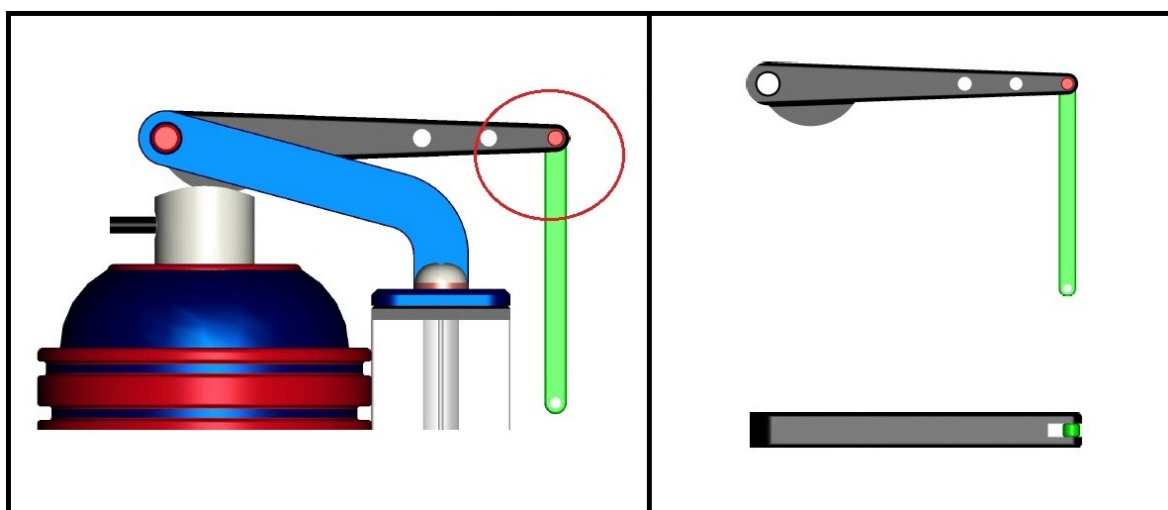
Obr. 15 – Aplikace jednozvrtné páky

7.1.2 Kontrola namáhaného čepu

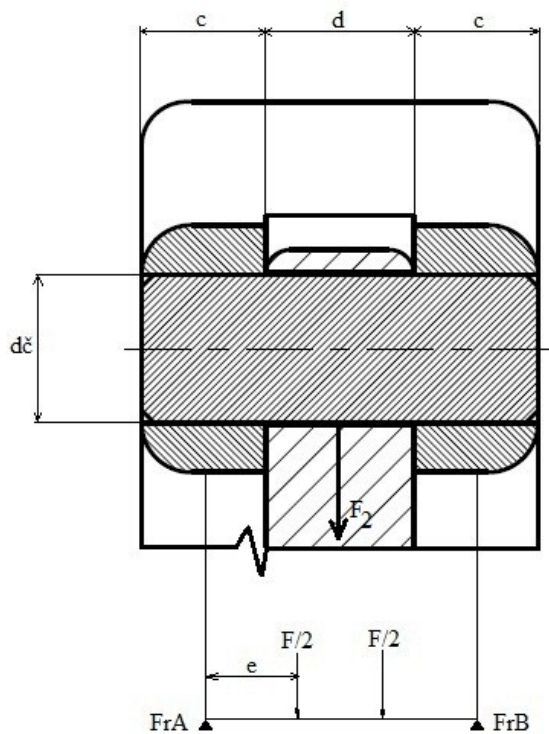
Čep je v ramenech páky uložen s přesahem, aby nemusel být pojištěn po stranách. V táhle je naopak uložení s vůlí.

Čep je namáhán na:

- ohyb
- smyk
- otlačení



Obr. 16 – Schéma čepového spojení



Obr. 17 – Řez čepovým spojením

Návrh Ø čepu

$$c = 2,5mm$$

$$d = 3mm$$

$$\sigma_{Dov} = 50MPa$$

$$\sigma_o = \frac{M_{max}}{W_o} \leq \sigma_{Dov} \quad (6)$$

$$\sigma_o = \frac{\frac{F}{2} \cdot \left(\frac{a}{2} + \frac{b}{4}\right)}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{\frac{F_2}{2} \cdot \left(\frac{c}{2} + \frac{d}{4}\right)}{\frac{\pi \cdot \sigma_{Dov}}{32}}} = \sqrt[3]{\frac{3,9}{2} \cdot \left(\frac{2,5}{2} + \frac{3}{4}\right)}{\frac{\pi \cdot 50}{32}} = 1 \text{ mm} \quad (7)$$

Z důvodu bezpečnosti volím Ø 3 mm

Kontrola ohybového napětí**Velikost reakcí**

$$F_{rA} = F_{rB} = \frac{F_2}{2} = \frac{3,9}{2} = 1,95 \text{ N} \quad (8)$$

Rameno, na kterém působí síla

$$e = \frac{c}{2} + \frac{d}{4} = \frac{2,5}{2} + \frac{3}{4} = 2mm \quad (9)$$

Maximální ohybový moment

$$M_{o_{max}} = F_{rA} \cdot e = 1,95 \cdot 2 = 3,9MPa \quad (10)$$

Modul průřezu v ohybu

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 3^3}{32} = 2,65mm^3 \quad (11)$$

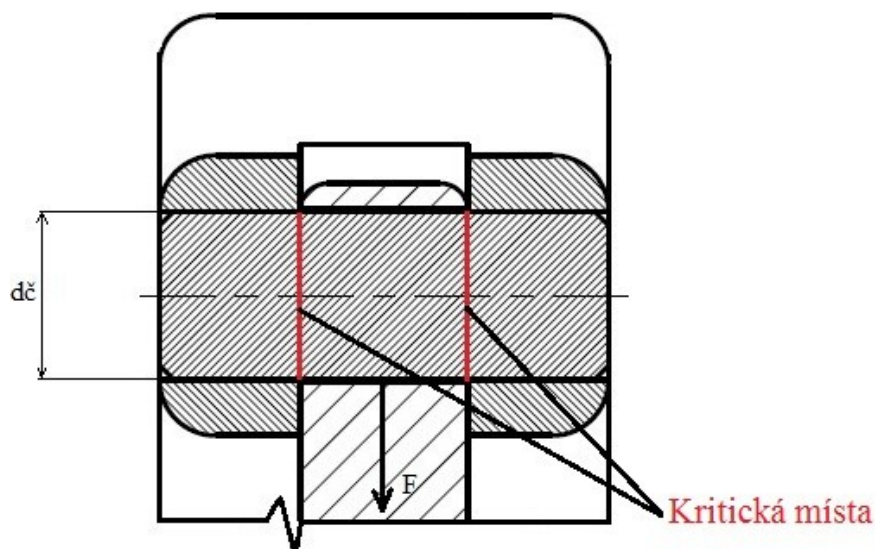
Ohybové napětí

$$\sigma_o = \frac{M_{o_{max}}}{W_o} = \frac{3,9}{2,65} = 1,5MPa \quad (12)$$

Kontrola na smyk

$$S = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 3^2}{4} = 7,07mm^2 \quad (13)$$

„S“ se násobí dvěma z důvodu, že jsou dvě kritická místa stříhu (obr. 18).



Obr. 18 – Kritická místa stříhu

$$\tau_{Dov} = 50MPa$$

$$\tau = \frac{F_2}{S} \leq \tau_{Dov} = \frac{3,9}{7,07} = 0,55MPa < 50MPa \quad (14)$$

Kontrola na otláčení

$$P_{Dov} = 12MPa$$

$$S = d \cdot d_{\zeta} = 3 \cdot 3 = 9mm^2 \quad (15)$$

$$P = \frac{F}{S} \leq P_{Dov} = \frac{3,9}{9} = 0,43MPa < 12MPa \quad (16)$$

7.2 Krokový motor

Pro přesné polohování nástřikové šablony byl vybrán krokový motor (obr. 19) od firmy AMETEK s přírubou NEMA 17.

Jestliže bude šablona vážit 100g a bude na rameni 0,1m, je výsledný moment 0,0981Nm viz rovnice č. 17. Moment krokového motoru klesá se zvyšujícími se otáčkami, proto ho dimenzujeme na 50 až 200%. Vybraný krokový motor má moment 0,32 Nm, což je více než dostačující.

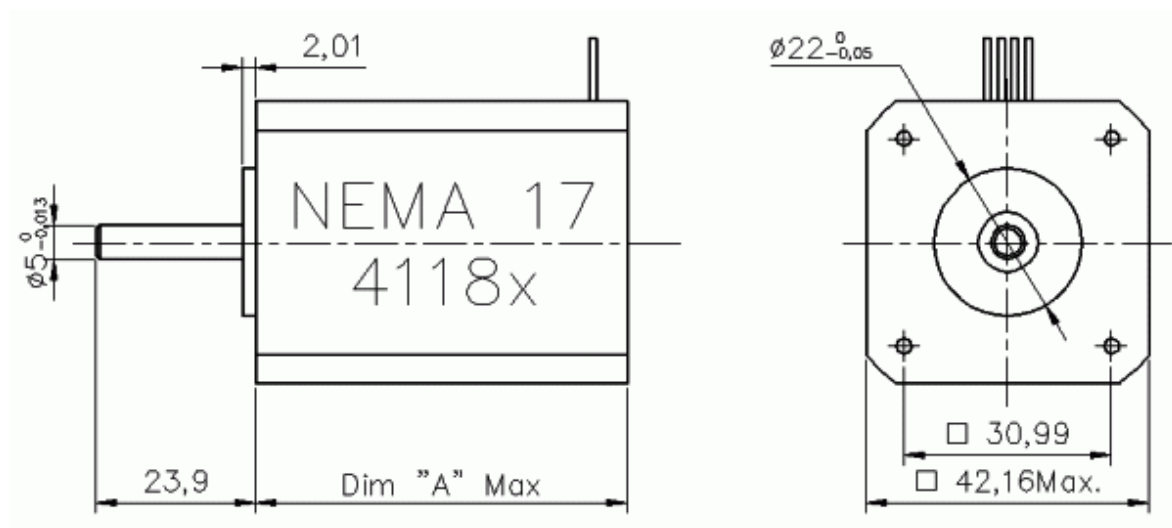
$$Mm = Fs \cdot r = 0,981 \cdot 0,1 = 0,0981 Nm < 0,32 Nm \quad (17)$$

Tento krokový motor se vyznačuje:

- $0,9^\circ$ a $1,8^\circ$ úhel kroku
- nízkou setrvačností
- standardní přírubou
- vysokou spolehlivostí
- nízkou cenou



Obr. 19 – Schéma krokového motoru



Obr. 20 – Rozměry krokového motoru

Název	Délka	Proud fází motoru	Přídržný moment	Odpor fáze	Indukčnost fáze	Moment setrvačnosti	Hmotnost
Jednotky	mm	A	Nm	Ohm	mH	kg.cm ²	kg
Hodnota	34	1,3	0,32	2,8	3,6	0,03294	0,1814

Tab. 16 – Parametry krokového motoru

7.3 Servomotor

Pro spouštění spreje byl vybrán modelářský servomotor typu Hitec HS-311 ECO (obr. 21), ke kterému se standardně dodávají různá příslušenství (obr. 22), které se připojí na výstupní hřídel. Uvnitř servomotoru se nacházejí plastové převody, díky kterým má tah

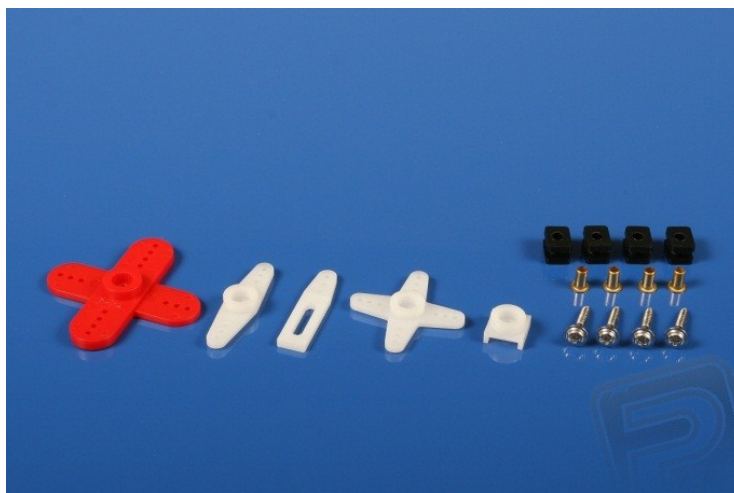
až 3,5kg/cm, který je dostačující, protože pro spouštění spreje potřebujeme tah asi 0,4kg. Byla ponechána určitá rezerva, protože každý sprej může mít rozdílnou odolnost proti spuštění. Servomotory jsou velice spolehlivé a levné polohovací jednotky. V servomotoru se nachází stejnosměrný motorek s převodovkou. Na výstupní hřídel je sprážený potenciometr, který snímá úhel natočení a reguluje polohu.



Obr. 21 – Schéma servomotoru

Název	Tah	Rychlost	Rozměry	Hmotnost	Napájení
Jednotky	(kg/cm)	(s/60st.)	(mm)	(g)	(V)
Hodnota při 4,8V	3	0,19	40x20x36,5	43	4,8-6,0
Hodnota při 6V	3,5	0,15	-	-	-

Tab. 17 – Parametry servomotoru



Obr. 22 – Příslušenství dodávané se servomotorem

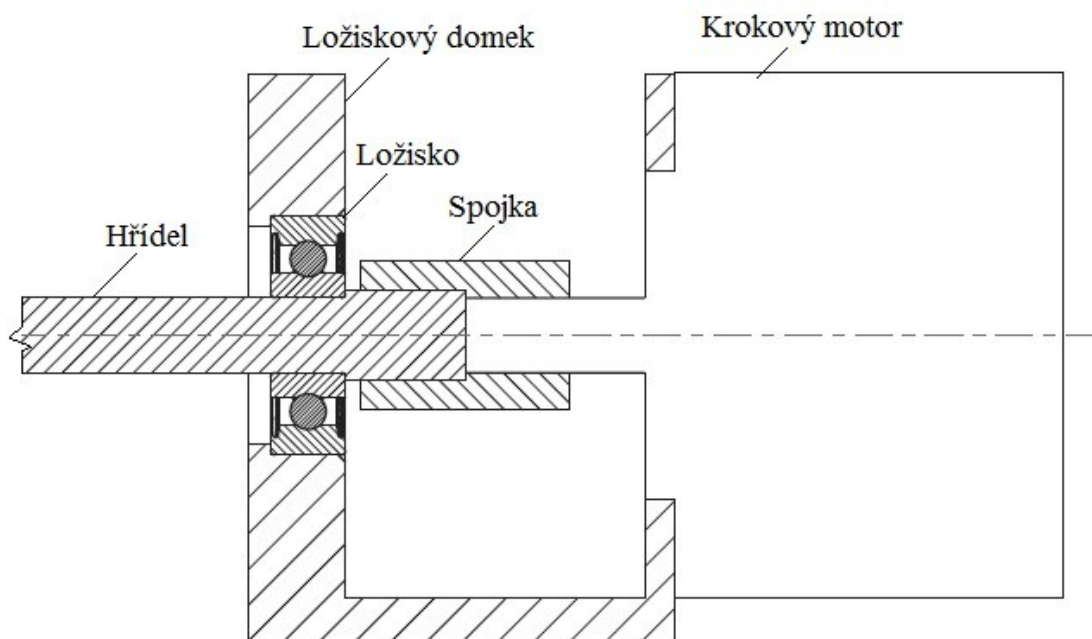
7.4 Ložisko

Bylo vybráno kuličkové ložisko, aby byly zachyceny radiální síly, které přenáší nástřiková šablona a součásti s ní spojené. Výrobce vybraného ložiska je SKF a má označení 625-2Z*. Ložisko je opatřeno oboustranným ochranným krytem, aby se zabránilo vniknutí nečistot.

	Základní rozměry			Základní hodnoty zatížení		Hodnoty rychlosti
				Dynamické	Statické	
Značení	d	D	B	C	CO	v
Jednotky	mm	mm	mm	kN	kN	r/min
Hodnota	5	16	5	1,14	0,38	48000

Tab. 18 – Parametry ložiska

Na obrázku 23 můžeme vidět uložení ložiska do ložiskového domku. Dále krokový motor, který je spojen spojkou s hřídelí, na které je upevněná nástřiková šablona. Ložisko je z jedné strany pojištěné ložiskovým domkem a z druhé strany je pojištěné osazenou hřídelí. Výhoda osazené hřídele je v tom, že když nám náhodou povolí spojka, tak hřídel jen proklouzne, ale nevypadne.



Obr. 23 – Řez uložením ložiska

7.5 Použití speciálního nástavce

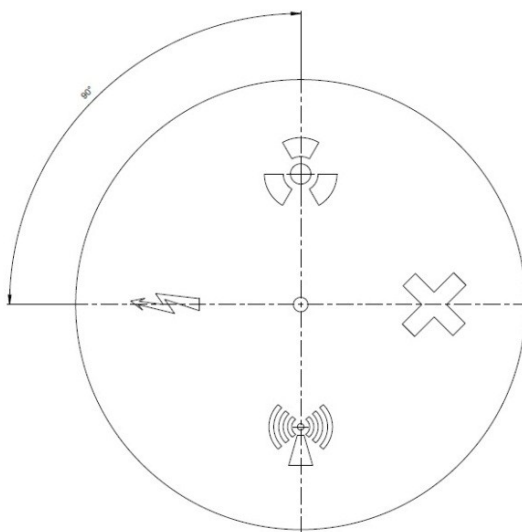
Na obrázku 24 můžeme vidět speciální nástavec pro sprej. Nástavec je obohacen o trysku, díky které se barva nebude tolik rozprašovat. Nástavec se dá dokoupit, pokud ovšem nebude součástí spreje.



Obr. 24 – Nástavec pro sprej

7.6 Nástřiková šablona





Nástřiková šablona (obr. 25), slouží k nástřiku různých vzorů varovných značek a nápisů. Efektor je určen pro mobilní robot, tudíž jsem se zaměřil na varovné značení, které by bylo nastříkáno v nebezpečné oblasti, aby informovalo člověka o potenciální hrozbě. Šablona je navíc obohacena krytem, který je připevněn po obvodu a tak zachytí stékající barvu. Šablona může být navíc posuvná a tak můžeme měnit velikost nastříkané výstražné značky.



Obr. 25 – Nástřiková šablona

7.6.1 Použité výstražné značení





V tabulce 19 můžeme vidět použité značky, které se nachází na nástřikové šabloně.

<i>Značka</i>	<i>Popis</i>
	Kontrolované pásmo Se zdroji IONIZUJÍCÍHO záření
	Nebezpečí úrazu ELEKTRICKÝM proudem
	NEIONIZAČNÍ ELEKTROMAGNETICKÉ záření
	NEBEZPEČNÉ nebo dráždivé látky

Tab. 19 – Vzorů výstražných značení

Šablon můžeme nechat vyrobit nespočet druhů. V tabulce 20 si uvedeme ještě pár vzorů, které by mohly být použity.

Nemusí se jednat jen o výstražné značky, můžou se použít různé nápisy, nebo čísla atd.

<i>Značka</i>	<i>Popis</i>
	Nebezpečí styku s JEDOVATÝMI látkami
	Nebezpečí úrazu
	Nebezpečí VÝBUCHU
	BIOLOGICKÉ riziko

Tab. 20 – Další možné vzory výstražných značek

7.6.2 Použitá technologie pro řezání značek

Pro řezání výstražných značek do nástřikové šablony se použije technologie řezání vodním paprskem. Tato technologie umožňuje stlačit vodu až na 4150bar, která se smíchá s abrazivním materiálem a následně tato směs projde tryskou o průměru 1mm. Na obrázku č. 26, můžeme vidět vyřezaného vzoru do materiálu.

Výhody:

- Nízká cena
- Neporušení povrchové úpravy
- Rychlý proces řezání
- Materiál nepotřebuje další opracování
- Přesnost řezu



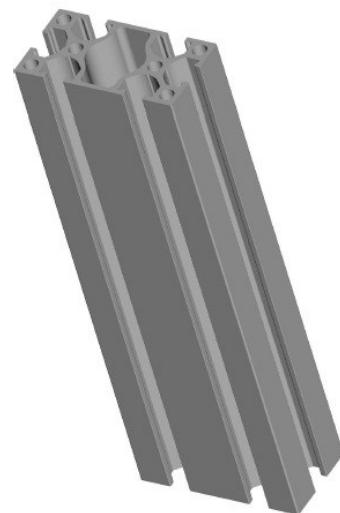
Obr. 26 – Vyřezaný vzor pomocí této technologie

7.7 Hliníkový profil

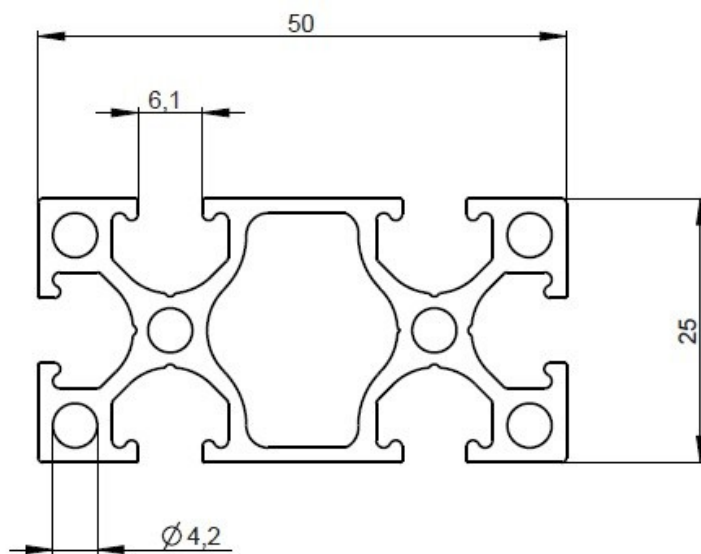
Hliníkové materiály jsou stále více používány v moderním světě, hlavně kvůli jeho vlastnostem. Žádný jiný kovový prvek není používán v tolika odvětví průmyslu, jako právě hliník. Je používán v domácnosti, průmyslu, dopravě, atd. Byl použit profil (obr. 27) od firmy SAS-Automation o rozměrech 50x25-150mm (obr. 28).

Hliníkové profily se vyznačují:

- Snadnou montáží a demontáží přídatných součástí
- Nízkou pořizovací cenou
- Jeho tvrdostí a nízkou vahou
- Odolností proti korozi



Obr. 27 – Hliníkový profil



Obr. 28 – Rozměry profilu

Pro upevnění potřebných komponent můžeme do profilu vyvrtat díry, nebo použít speciální matice (obr. 29), které kopírují tvar drážky, do které se zasouvají.



Obr. 29 – Matice

7.8 Ochranný kryt

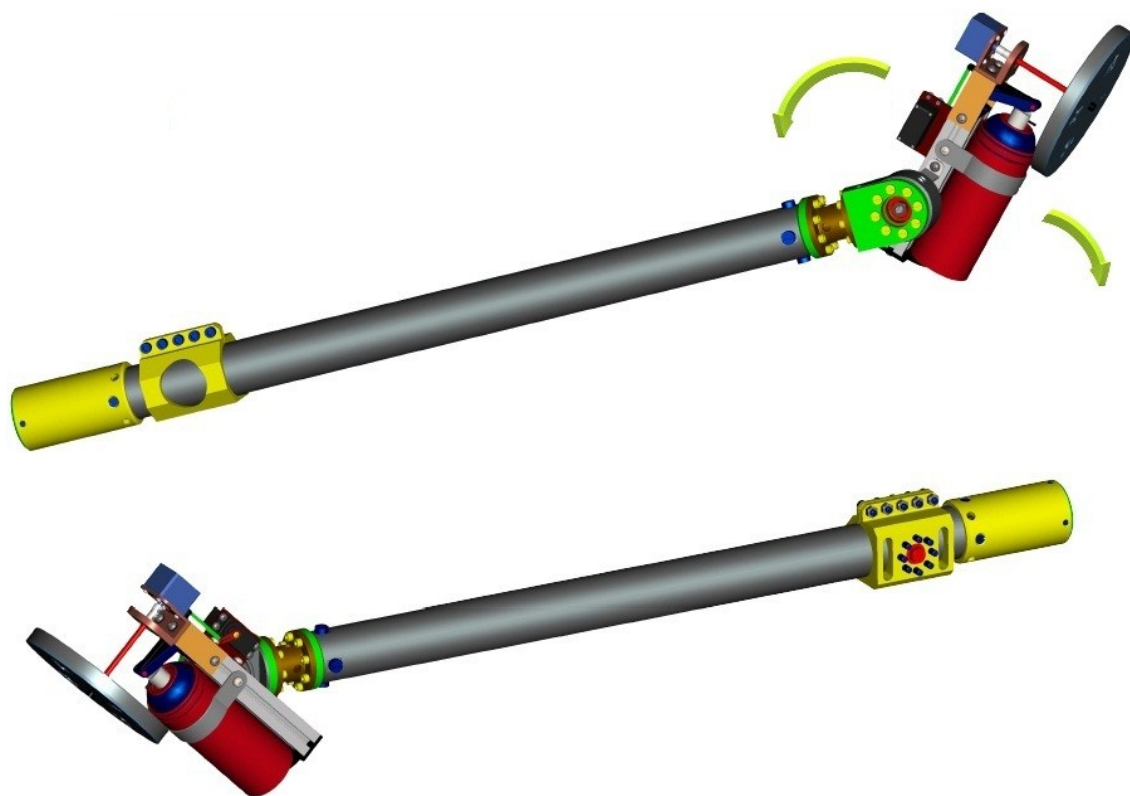
Ochranný kryt efektoru je velmi důležitý, neboť samotný efektor bude čelit venkovnímu prostředí (prachu, dešti, atd.). Kdyby nebyl efektor zakrytovaný, mohl by vítr zanést rozprášenou barvu, kterou bude stříkat sprej, do funkčních částí efektoru.

K zakrytování efektoru použiju speciální návlek od firmy BLUMENBECKER, která se specializuje na ochranné návleky pro lakovací roboty (obr. 30) a je schopna dodat nestandardní a speciální kryty. Nejlepší bude zakrýt jak efektor, tak robotické rameno, aby nedošlo k jeho znečištění.

*Obr. 30 – Ochranný kryt lakovacího robotu*

7.9 Efektor + robotické rameno

Na obrázku č. 31, můžeme vidět technologický efektor připevněný ke stávajícímu robotickému ramenu, které je součástí manipulační nástavby MR ARES. Rameno má čtyři stupně volnosti a jeho nosnost je max. 2kg. Rameno sestrojil pan Ing. Milan Mihola, Ph.D.



Obr. 31 – Efektor připevněný k robotickému ramenu

8 Cenová kalkulace

Konstrukce efektoru je u konce a nyní můžeme provést celkovou cenovou kalkulaci všech komponent optimální varianty.

Číslo položky	Název	Počet kusů	Cena/kus	Cena celkem
1	Hliníkový profil	1	90 Kč	90 Kč
2	Krokový motor	1	600 Kč	600 Kč
3	Servomotor	1	210 Kč	210 Kč
4	Sprej	1	120 Kč	120 Kč
5	Matice do AL profilu	6	9 Kč	53 Kč
6	Šroub M5x8 ČSN 02 1146	2	0,5 Kč	1 Kč
7	Šroub M5x20 ČSN 02 1146	12	0,6 Kč	7,20 Kč
8	Šroub M4x8 ČSN 02 1146	4	0,4 Kč	1,60 Kč
9	Šroub M2x3 ČSN 02 1146	2	0,15 Kč	0,30 Kč
10	Šroub M3x10 ČSN 02 1146	4	0,20 Kč	0,80 Kč
11	Podložka 5,3 ČSN 02 1703.11	14	0,14 Kč	1,96 Kč
12	Ochranný kryt	1	1000 Kč	3000 Kč
13	Ložisko	1	50 Kč	50 Kč
14	Výroba navržených komponent	19		2000 Kč
			Výsledná cena	6 136 Kč

Tab. 19 – Cenová kalkulace

Některé ceny byly zjištěny na stránkách výrobce, některé jsou odečteny z porovnání podobných komponent. Ceny vyráběných komponent byly vyčísleny na základě odhadu, tudíž se výsledná cena může lišit. Také cena ochranného krytu je pouze informativní.

9 Závěr

Úkolem bakalářské práce bylo navrhnout konstrukci technologického efektoru, který bude připevněn na robotické rameno MR ARES. Na základě požadavkového listu byly navrženy 4 varianty řešení a po provedení hodnotové analýzy, byla vybrána optimální varianta, která byla detailně zpracována.

Pro polohování nástřikové šablony byl vybrán krokový motor firmy AMETEK se standardní přírubou NEMA 17. Ten byl spojen pomocí spojky s hřídelí, na kterou byla připevněna nástřiková šablona. Abychom zachytili radiální síly, bylo použito kuličkové ložisko, které se umístilo do ložiskového domku. Pro polohování jednozvrtné páky, která spouští sprej, byl vybrán servomotor Hitec HS-311 ECO. Sprej stříká výstražné značky přes nástřikovou šablonu, která je umístěna 20-30mm před trysku spreje. Základ celého efektoru tvoří hliníkový profil o rozměrech 50x25x150mm. Celý efektor bude zakrytován speciálním rukávem, který zakryje jak efektor, tak část ramene, aby nedošlo k jeho znečištění.

Po konstrukci efektoru byla provedena cenová kalkulace všech komponent. Některé ceny se zjistily přímo na stránkách výrobce, ale některé ceny byly vyčísleny na základě podobných komponent nebo odhadem.

10 Seznam použité literatury

- [1] Značkovací sprej. [online]. [cit. 2013-10-08]. Dostupné z:
<http://www.marbol.cz/znackovaci-spreje-stavebni-spreje-reflexni-spreje>
- [2] *Robot and effector* [online]. [cit. 2013-10-08]. Dostupné z:
http://en.wikipedia.org/wiki/Robot_end_effector
- [3] Flexy Vacuum Cups. [online]. [cit. 2013-10-08]. Dostupné z:
http://www.flexyvacuumcups.com/wp-content/gallery/combi-flex-home/dark-b-light-b_low-res.jpg
- [4] Mobilní robot Ares. [online]. [cit. 2013-10-08]. Dostupné z:
<http://robot.vsb.cz/mobilni-roboty/ares/>
- [5] Gripper. [online]. [cit. 2013-10-08]. Dostupné z:
<http://www.sureda.org/Portfolio/Robotics/RECOM2-Gripper/Robotics-RECOM2-Gripper-LARGE.jpg>
- [6] Magnetic Gripper. [online]. [cit. 2013-10-08]. Dostupné z:
http://www.schunk-mechatronik.com/uploads/pics/04_titelbild_egm_01.png
- [7] Different End Effectors. [online]. [cit. 2013-10-08]. Dostupné z:
<http://blog.robotiq.com/bid/65660/Different-End-Effectors-on-the-Market>
- [8] Automatizace a robotizace. [online]. [cit. 2013-10-08]. Dostupné z:
http://www.sps-ko.cz/documents/ARO_prorok/Pr%C5%AFmyslov%C3%A9%20roboty.pdf
- [9] Mobilní robotika. [online]. [cit. 2013-10-08]. Dostupné z:
<http://www.roznovskastredni.cz/dwnl/pel2007/06/Kosnar.pdf>
- [10] Značkovací sprej hobby. [online]. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z:
http://www.mpl-stavebniny.cz/sprej-hobby-znackovaci-barva-oranzova-400ml-p-29163.html?cPath=161_165_172
- [11] Leinveber J., Vávra P.: *Strojnické tabulky*. Albra, Úvaly, 2003, ISBN 80-7361-033-7
- [12] SKF Ložisko. [online]. [cit. 2014-05-06]. Dostupné z:
<http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/single-row-deep-groove-ball-bearings/single-row/index.html?prodid=1050016260&imperial=false>

- [13] Servomotor. [online]. [cit. 2014-05-06]. Dostupné z:
<http://www.modelarina.cz/standardni-servo-hitec-hs311-eco-prislusenstvimi-p-2008.html>
- [14] Krokový motor. [online]. [cit. 2014-05-06]. Dostupné z:
<http://raveo.cz/krokovye-motory>
- [15] Ložisko. [online]. [cit. 2014-05-06]. Dostupné z:
http://cs.wikipedia.org/wiki/Kuli%C4%8Dkov%C3%A9_lo%C5%BEdisko
- [16] Výstražné značení. [online]. [cit. 2014-05-06]. Dostupné z:
<http://bts-rs.webnode.sk/bezpecnostne-znacky-a-symboly/vystrazne-znacenie/>
- [17] Hliník. [online]. [cit. 2014-05-06]. Dostupné z:
<http://www.item24us.com/about/benefits-of-aluminum>
- [18] Hliníkový profil. [online]. [cit. 2014-05-06]. Dostupné z:
http://www.sasgripper.com/products/getagrip/getagrip_lxdjx_aluminum_profiles.htm
- [19] Ochranný kryt. [online]. [cit. 2014-05-06]. Dostupné z:
<http://www.blumenbecker.cz/cz/obchod/ochrann%C3%A9-navleky-na-roboty>
- [20] Řezání vodním paprskem. [online]. [cit. 2014-05-06]. Dostupné z:
<http://www.talparpf.cz/rezani-vodnim-paprskem.html>
- [21] KÁRNÍK, L. *Servisní roboty*. VŠB-TU Ostrava, 2004. 144 s. ISBN 80-248-0626-6.
- [22] KÁRNÍK, L. – KNOFLÍČEK, R. – MARCINCIN, J. N. *Mobilní roboty*. Opava: MÁRFY SLEZSKO, 2000. 210 s. ISBN 80-902746-2-5.
- [23] NOVÁK, P. *Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení*. Vyd. 1. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 247 s. ISBN 80-730-0141-1.

11 Seznam příloh

11.1 Výkres

- | | | |
|------------------|---------------------|-------------|
| • Výkres sestavy | Konstrukce efektoru | SB3ROO01-01 |
|------------------|---------------------|-------------|

11.2 CD-ROM

- Bakalářská práce
- Výkres
- 3D model konstrukce efektoru
- Záznam o závěrečné práci